

# PENGARUH PENGGUNAAN MINERAL LOKAL ZEOLIT ALAM TERHADAP KARAKTERISTIK *SELF-COMPACTING CONCRETE* (SCC)

**Mahmud Rekarifin Poerwadi, Achfas Zacoeb, Ristinah Syamsudin**

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: mahmudreka@gmail.com

## **ABSTRACT**

*Self-Compacting Concrete (SCC) is a technological innovation in the manufacture of concrete that does not require compaction process to occupy formwork and solidified himself. In this research the manufacture of SCC used to harness the potential of local natural zeolite material. The research was conducted through the manufacture of test specimens in 3 variations SCC without natural zeolite and natural zeolite were added levels of 5%, 10%, and 15% of the weight of the cement used in the mix with the use slump flow additon of 1.5% of the weight of cement and FAS used at 0.49. Tests were performed is testing setting time, filling ability and strength of concrete. It also conducted a cost analysis comparison between SCC without natural zeolite with SCC using natural zeolite. Research results obtained are given natural zeolite levels affect the setting time of SCC, the higher levels of natural zeolite as a partial replacement of cement given the longer time required to reach the initial and final setting time. Filling ability of concrete increased accordingly increase the amount of natural zeolites are given optimum compressive strength obtained at 28 days was 28.06 MPa with high levels of natural zeolite were given by 10%. If viewed from the increased variety of natural zeolite with a compressive strength of concrete produced, the optimum value obtained from the regression equation  $y = -0,0605x^2 - 1,3865$  amounted to 11.45%. The use of natural zeolite as a partial replacement for cement can reduce the cost of making SCC. However, SCC manufacture using natural zeolite does not have significant difference when viewed from the economical.*

**Keywords:** Cost analysis, compressive strength, natural zeolite, SCC, setting time,

## **ABSTRAK**

*Self-Compacting Concrete (SCC) adalah sebuah inovasi dalam teknologi pembuatan beton yang tidak memerlukan proses pemadatan untuk menempati bekistingnya dan memadat sendiri. Pada penelitian ini pembuatan SCC digunakan untuk memanfaatkan potensi material lokal zeolit alam. Penelitian dilakukan melalui pembuatan 3 benda uji pada variasi SCC tanpa zeolit alam dan SCC yang ditambahkan kadar zeolit alam 5%, 10%, dan 15% dari berat semen yang digunakan dalam campuran dengan penggunaan *additon slumpflow* sebesar 1,5% dari berat semen dan FAS yang digunakan sebesar 0,49. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian *setting time*, *filling ability* dan kuat tekan beton. Selain itu juga dilakukan perbandingan analisis biaya antara SCC tanpa zeolit alam dengan SCC yang menggunakan zeolit alam. Hasil penelitian yang didapatkan adalah kadar zeolit alam yang diberikan berpengaruh terhadap *setting time* SCC, semakin tinggi kadar zeolit alam yang diberikan sebagai pengganti sebagian semen maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *initial* dan *final setting time*. *Filling ability* beton meningkat sesuai kenaikan jumlah zeolit alam yang diberikan Kuat tekan optimum yang didapat pada umur 28 hari adalah 28,06 MPa dengan kadar zeolit alam yang diberikan sebesar 10%. Jika ditinjau dari hasil penambahan variasi zeolit alam dengan kuat tekan beton yang dihasilkan, nilai optimum yang didapat dari persamaan regresi  $y = -0,0605x^2 - 1,3865$  adalah sebesar 11,45%. Penggunaan zeolit alam sebagai pengganti sebagian semen dapat mengurangi biaya pembuatan SCC. Namun pembuatan SCC dengan menggunakan zeolit alam tidak memiliki perbedaan yang signifikan jika dilihat dari sisi ekonomis.*

**Kata kunci :** Analisis biaya, kuat tekan, SCC, *setting time*, dan zeolit alam.

## **1. Pendahuluan**

Salah satu mineral anorganik yang terdapat di Indonesia adalah zeolit alam. Zeolit alam adalah bahan yang terbentuk dari hasil hidrasi alkali, dimana strukturnya

merupakan struktur dengan jaringan rangka terbuka yang mempunyai kemampuan menyerap dan melepaskan air, serta pertukaran ion terhadap lingkungannya (Sjafei Amri, 2005). Potensi

bahan mineral zeolit alam ini banyak terdapat di beberapa daerah di Indonesia. Salah satunya berada di daerah Malang Selatan, Kecamatan Sumbermanjing Wetan terdapat banyak zeolit alam dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  53,23%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10,28%. (Setiadi & A. Pertiwi, 2007)

Zeolit alam memiliki kemiripan unsur kimia dengan *fly ash* (abu terbang), seperti Silika ( $\text{SiO}_2$ ), Alumunia ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Ferro Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ ) dan juga mengandung unsur tambahan lain yaitu Magnesium Oksida ( $\text{MgO}$ ), Titanium Oksida ( $\text{TiO}_2$ ), Alkalina ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ), Pospor Oksida ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) yang merupakan beberapa unsur kimia yang terdapat di dalam semen. Penelitian yang menggunakan bahan material *fly ash* sebagai bahan pengganti semen telah banyak dilakukan, namun pada penelitian sebelumnya, zeolit alam sendiri mampu menggantikan fungsi sebagian semen. Substitusi semen yang dilakukan bisa mencapai prosentase maksimum 10% dari massa semen yang dipakai untuk memperoleh kuat tekan maksimum yang telah direncanakan sebesar  $f'_c$  80 MPa. (Feng, 1990).

Penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan zeolit alam terhadap karakteristik *Self-Compacting Concrete* (SCC) sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi kadar yang diberikan 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap berat semen yang digunakan dalam campuran.

## 2. Bahan dan Metode

*Self-Compacting Concrete* (SCC) adalah sebuah inovasi dalam teknologi pembuatan beton yang tidak memerlukan proses pemadatan untuk menempati bekistingnya dan memadat sendiri.

Menurut Muntu dan Gunawan (2003), suatu campuran beton dikatakan SCC bila memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

a. Pada beton segar (*fresh concrete*)

Persyaratan dasar suatu SCC dalam keadaan segar harus memiliki tingkat *workability* yang baik, diantaranya :

- *Filling Ability* , yaitu kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan.
  - *Passing Ability*, yaitu kemampuan campuran beton untuk melewati struktur dengan tulangan yang rapat.
  - *Segregation Resistance*, yaitu kemampuan beton untuk tetap homogen selama dan setelah terjadinya proses pengecoran.
- b. Pada beton keras (*hardened concrete*)
- Memiliki tingkat durabilitas yang tinggi.
  - Mampu membentuk campuran beton yang homogen.
  - Memiliki tingkat absorpsi dan permeabilitas yang rendah.

Beberapa metode yang telah diterapkan untuk memperoleh sifat beton yang *self-compatibility* adalah membatasi kandungan agregat, rasio *water-powder* yang rendah, dan penggunaan bahan aditif seperti *superplastizier* (Okamura H. & Ouchi, 2003).

### 2.1 Bahan SCC

a. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah butiran mineral keras yang sebagian besar butirannya berukuran antara 5 mm sampai 40 mm, dan besar butiran maksimum yang diijinkan tergantung pada maksud dan pemakaian (Departemen Pekerjaan Umum, 1982). Agregat kasar yang akan dicampurkan sebagai adukan beton harus mempunyai syarat mutu yang ditetapkan

Batasan untuk ukuran agregat kasar yang digunakan untuk SCC adalah maksimum 20 mm. Hal ini dilakukan untuk menghindari segregasi pada saat aliran beton melewati struktur dengan tulangan yang rapat.

#### *b. Agregat Halus*

Agregat halus adalah butiran-butiran mineral keras dan halus yang bentuknya mendekati bulat, ukuran butirannya sebagian besar terletak antara 0,075 mm sampai 5 mm dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5% (Departemen Pekerjaan Umum, 1982). Agregat halus yang digunakan dalam SCC zeolit alam harus lebih banyak dibandingkan jumlah agregat kasar yang digunakan

#### *c. Semen*

Semen merupakan bahan utama pembentuk beton yang bersifat hidrolis, yaitu memiliki sifat adhesif dan kohesif apabila bereaksi dengan air dan berperilaku sebagai perekat bagi agregat-agregat beton. Semen juga merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik sektor konstruksi sipil

Semen portland adalah semen yang banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Menurut ASTM C-150 (1985), semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

#### *d. Air*

Air dalam pembuatan beton digunakan untuk membantu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan mempermudah *workability*. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan, menurunkan kualitas beton dan merusak sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Air yang berlebih akan menyebabkan banyaknya gelembung air

setelah prose hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

#### *e. Zeolit Alam*

Zeolit alam adalah kelompok mineral yang dalam pengertian/penamaan bahan galian merupakan salah satu jenis bahan galian non logam atau bahan galian mineral industri. Zeolit merupakan suatu senyawa alumina silikat terhidrasi yang mengandung

kation alkali atau alkali tanah.

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam dari bebatuan vulkanik dan banyak dijumpai dalam lubang-lubang batuan lava dan dalam batuan sedimen. Zeolit alam biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gypsum, feldspar, dan kuarsa, dan ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas.

Zeolit alam banyak tersebar di Indonesia, dan setiap tempat memiliki jenis dan komposisi kimia yang berbeda. Berikut ini adalah komposisi kimia yang terdapat pada zeolit alam jenis mordenit yang berasal dari Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang.

**Tabel 2.1** Komposisi kimia zeolit alam

Komposisi Kimia	Prosentase (%)
Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> )	53,23
Alumunium Oksida (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	10,28
Ferri Oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4,838
Kalsium Oksida (CaO)	27,69
Magnesium Oksida (MgO)	1,59

(Sumber : Setiadi dan Astrid Pertiwi, 2007)

*f. Additon Superflow*

Berdasarkan ASTM C. 494 : 1997, *additon superflow* termasuk dalam bahan *admixture* tipe A dan F. *Additon Superflow* merupakan bahan *superplasticising admixture* berjenis *High Range Water Reducer Retarder* (HWRRe) berbasis polycarboxylate polimer yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan dalam jumlah besar untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Selain itu *addition superflow* juga berfungsi untuk meningkatkan daya alir beton segar, sehingga beton dapat mengalir dan memadat dengan mengandalkan beratnya sendiri.

## 2.2 Komposisi Campuran

Pembuatan benda uji serta pengujian beton dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Benda uji SCC zeolit alam ditetapkan menggunakan komposisi agregat halus dan agregat kasar 60% : 40%. Penetapan perbandingan ini berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang terkait. Penambahan zeolit alam dalam penelitian ini dibuat bervariasi yaitu 5%, 10% dan 15%. Variasi tersebut untuk menentukan pengaruh zeolit alam terhadap karakteristik SCC.

Pada penelitian ini selain variasi komposisi semen dan zeolit alam, juga dilakukan penambahan *additon slumpflow* sebesar 1,5% terhadap berat semen yang digunakan. Selain pembuatan benda uji dengan beberapa variasi di atas, juga dibuat benda uji SCC normal tanpa menggunakan zeolit alam dengan penambahan *additon slumpflow* yang sama sebagai pembanding. Pada setiap variasi dibuat sampel sebanyak 3 (tiga) sampel. Sehingga total benda uji yang didapatkan

60 benda uji. Perawatan yang dilakukan dengan perendaman dalam air. Benda uji tersebut akan diuji kuat tekan pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Hasil dari uji kuat tekan akan ditentukan pengaruh zeolit alam terhadap SCC tersebut.

**Tabel 2.2** Perbandingan komposisi bahan campuran

Beton Untuk 1 Cetakan					
Agregat Gabungan		Binder			
60% Agregat Halus	40% Agregat Kasar	Perbandingan Semen dan Zeolit Alam			
		85% : 15%	90% : 10%	95% : 5%	100% : 0%
		Penambahan Dosis Additon Slumpflow			
		1,5%			
Pembuatan 3 Benda Uji Untuk Tiap Variasi					
Pengujian Beton					
Umur 3 Hari	Umur 7 Hari	Umur 14 Hari	Umur 21 Hari	Umur 28 Hari	

Pengambilan data *filling ability* dilakukan pada saat beton masih segar, dengan cara diuji *slump* dan *v-funnel* untuk parameter SCC. Kemudian mencetak 3 benda uji sesuai dengan komposisi yang direncanakan. Dengan mencatat diameter, tinggi, berat, dan nilai kuat tekan maksimum di mesin uji kuat tekan untuk tiap-tiap sampel di tiap komposisinya

## 2.3 Uji Parameter Fisik

Pengujian parameter fisik yang dilakukan adalah pengujian setting time SCC zeolit alam. Alat yang digunakan adalah vicat Waktu ikat awal merupakan waktu yang diperlukan oleh pasta semen untuk mengubah sifatnya dari kondisi cair menjadi padat. Waktu ikat akhir menunjukkan waktu dimana penetrasi jarum vicat tidak terlihat secara visual. Waktu ikat awal ditentukan oleh grafik penetrasi waktu., yaitu waktu dimana penetrasi jarum vicat mencapai nilai 25 mm. Waktu ikat akhir merupakan waktu dimana penetrasi jarum bernilai 0 mm. Langkah-langkah pengujian *setting time* dengan menggunakan vicat sesuai dengan SNI 03-6827-2002.

## 2.4 Uji Kriteria SCC

### a. Slump Flow Test

Untuk pengukuran waktu pada pengujian *workability*, *slump cone* diangkat perlahan-lahan sehingga aliran beton secara perlahan mulai turun mengalir. Aliran beton harus mengalir secara bersambung tidak boleh terputus. Stopwatch dijalankan pada saat beton tersebut mulai mengalir tanpa terputus dan dihentikan sampai slumpflow berhenti mengalir, kemudian dilakukan pengukuran untuk diameter dari aliran beton yang paling maksimum ( $SF_{max}$ )

### b. V-funnel test

Pada pengoperasiannya *V-funnel* relatif mudah untuk dilakukan di lapangan karena tidak membutuhkan keahlian yang khusus dalam pelaksanaannya. Campuran beton dimasukkan ke dalam *V-funnel*. Stopwatch dijalankan ketika lubang bagian bawah *V-funnel* dibuka. Setelah seluruh campuran di dalam keluar dari *V-funnel*, stopwatch dimatikan dan waktu dicatat

## Uji Parameter Mekanik

Pengujian parameter mekanik yang dilakukan adalah dengan pengujian kuat tekan beton. Dalam mendapatkan nilai kuat tekan beton, dipengaruhi oleh kondisi benda uji.

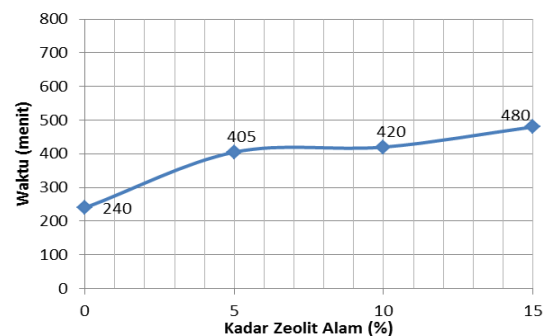
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Uji Setting Time

Perbandingan *setting time*, baik pada *initial setting time* maupun *final setting time*, digunakan untuk mengetahui pengaruh hubungan komposisi semen dan zeolit alam terhadap *setting time* SCC.

#### a. Perbandingan *initial setting time*

Perbandingan ini membandingkan antara kadar zeolit alam terhadap semen sebagai variabel bebas, sedangkan hasil *initial setting time* merupakan variabel terikatnya. Tabel hasil perbandingan dapat dilihat dilampiran, dan hasil perbandingan ditampilkan dalam bentuk **Gambar 4.1**.

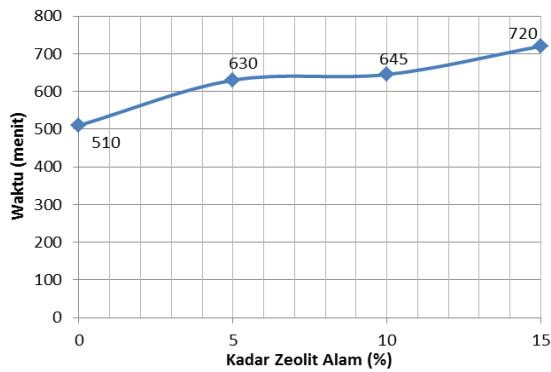


**Gambar 3.1** Hubungan kadar zeolit alam terhadap *initial setting time*

**Gambar 3.1** menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar zeolit alam yang diberikan, semakin mengurangi jumlah semen yang digunakan serta meningkatkan waktu pengikatan awal (*initial time*). Hal tersebut dikarenakan pengikatan binder yang menggunakan zeolit alam tidak sebaik pengikatan binder yang hanya menggunakan semen tanpa penggunaan zeolit alam, dan semakin banyak zeolit alam yang digunakan maka akan semakin menghambat proses dehidrasi semen.

#### b. Perbandingan *final setting time*

Perbandingan ini membandingkan antara kadar zeolit alam terhadap semen sebagai variabel bebas, sedangkan hasil *final setting time* merupakan variabel terikatnya. Tabel hasil perbandingan dapat dilihat dilampiran, dan hasil perbandingan ditampilkan dalam bentuk **Gambar 4.2**.



**Gambar 3.2** Hubungan kadar zeolit alam terhadap *final setting time*

**Gambar 3.2** menunjukkan bahwa SCC tanpa menggunakan zeolit alam memiliki waktu pengikatan akhir sebesar 510 menit dan dengan kadar zeolit alam yang diberikan sebesar 15% memiliki waktu pengikatan akhir sebesar 720 menit. Sehingga untuk pekerjaan pengecoran membutuhkan waktu yang singkat akan tetapi membutuhkan waktu yang lama untuk melepas bekistingnya.

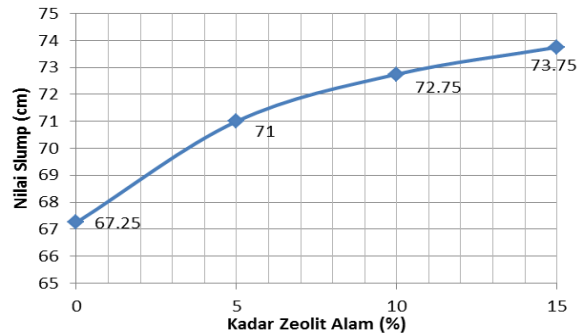
Pada **Gambar 3.1** dan **3.2** dapat diketahui bahwa variasi kadar zeolit alam yang diberikan berpengaruh terhadap setting time SCC, semakin tinggi kadar zeolit alam yang diberikan sebagai pengganti sebagian semen maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *initial* dan *final setting time*. Hal tersebut disebabkan karena zeolit alam bersifat absorben, air yang ada di dalam campuran diikat oleh zeolit alam. Sehingga air yang ada pada campuran tidak cepat menguap dan menghambat proses dehidrasi yang terjadi pada semen.

### 3.2 Uji Kriteria SCC

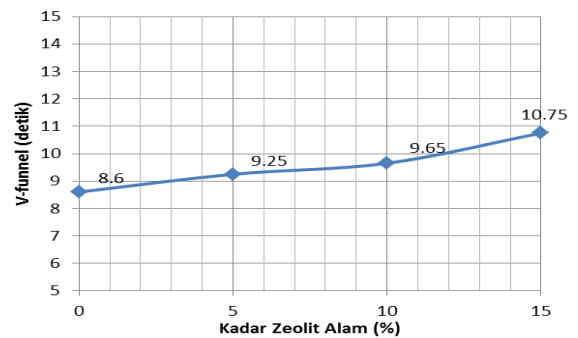
Pada pengujian parameter SCC, dilakukan hanya pengujian *filling ability* dan dengan menggunakan uji *slump flow* dan uji *v-funnel*. Tabel hasil dari pengujian dapat dilihat dilampiran dan ditampilkan dalam bentuk **Gambar 3.3** dan **3.4**

Hasil pengujian beton segar yaitu pengujian *slump flow* dari **Gambar 3.3**

didapatkan diameter berkisar 67,25 – 73,75 cm, sehingga *mix design* yang digunakan sudah mencakupi kriteria SCC untuk pengujian *slump flow test*. Pada pengujian *V-funnel* dari **Gambar 3.4** berkisar 8,6 - 10,75 detik. Kriteria untuk beton SCC berkisar 8 sampai 12 detik, sehingga campuran beton yang digunakan sudah mencakupi kriteria SCC untuk uji *v-funnel*nya.



**Gambar 3.3** Hubungan nilai *slump flow test* dan kadar zeolit alam



**Gambar 3.4** Hubungan nilai *v-funnel* dengan kadar zeolit alam

Pada **Gambar 3.3** dan **3.4** menunjukkan bahwa semakin besar nilai kadar zeolit alam yang diberikan, maka akan meningkatkan akan meningkat nilai *slump flow* dan *v-funnel*. Sehingga membuat *filling ability* campuran tersebut menjadi lebih baik karena zeolit alam yang menghambat proses dehidrasi semen yang membuat campuran SCC mempunyai konsistensi yang baik dalam kriteria SCC yang ada. Pada penelitian untuk mengetahui karakteristik SCC dari sisi *filling ability* hanya diuji dengan dua

metode pengujian karena keterbatasan waktu dan alat yang tersedia.

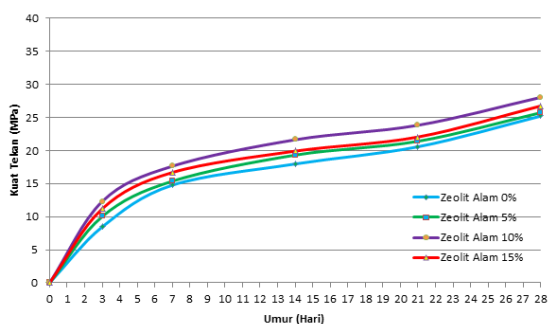
### 3.3 Uji Parameter Mekanik

Pengujian parameter mekanik ini dilakukan dengan pengujian kuat tekan beton yang dilakukan dalam 5 tahap, pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Beton di buat sebanyak 3 benda uji untuk setiap umur dan variasi zeolit alam yang diberikan.

Hasil rekapitulasi pengujian kuat tekan beton akan disajikan pada **Tabel 3.1** beserta grafik uji tekan SCC umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari pada **Gambar 3.5**.

**Tabel 3.1** Hasil pengujian kuat tekan SCC

Kadar Additon Slumpflow	Umur	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)			
		0%	5%	10%	15%
1,5 %	3	8.47	10.04	12.30	11.21
	7	14.78	15.38	17.65	16.70
	14	17.99	19.33	21.65	19.93
	21	20.59	21.42	23.84	22.06
	28	25.23	25.74	28.06	26.76



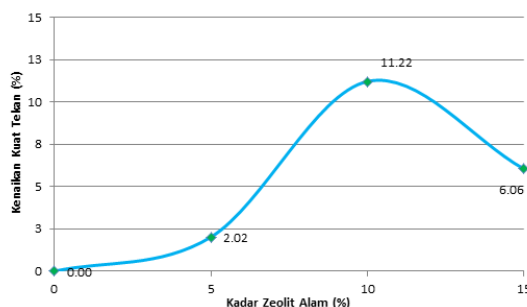
**Gambar 3.5** Hubungan kuat tekan dengan waktu pengujian

Pada **Gambar 3.5** disajikan gabungan hubungan kuat tekan dengan waktu pengujian SCC dengan masing-masing variasi yang diberikan. Terlihat bahwa SCC yang menggunakan zeolit alam sebesar 10% memiliki kuat tekan lebih tinggi dari pada variasi zeolit alam yang lain.

Pada **Tabel 3.2** akan diketahui prosentase kenaikan kuat tekan beton yang dihasilkan berdasarkan umur dan kadar zeolit alam yang diberikan. Prosentase ini bertujuan untuk mengetahui berapa nilai prosentase kenaikan kuat tekan beton yang dihasilkan dengan kadar zeolit alam yang diberikan pada.

**Tabel 3.2** Prosentase kenaikan kuat tekan SCC

Kadar Additon Slumpflow	Kadar Zeolit	Umur	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Prosentase Kenaikan (%)
1,5 %	0%	3	8.47	-
		7	14.78	-
		14	17.99	-
		21	20.59	-
		28	25.23	-
	5%	3	10.04	18.49
		7	15.38	4.09
		14	19.33	7.45
		21	21.42	4.03
	10%	3	12.3	45.21
		7	17.65	19.41
		14	21.65	20.36
		21	23.84	15.77
	15%	3	11.21	32.29
		7	16.7	13.03
		14	19.93	10.81
		21	22.06	7.15
		28	26.76	6.06



**Gambar 3.6** Hubungan prosentase (%) kenaikan kuat tekan rata-rata SCC dengan kadar zeolit alam pada umur 28 hari

Pada **Gambar 3.6** diketahui bahwa pada kadar zeolit alam 10% merupakan kadar optimum kenaikan kuat tekan beton

pada umur 28 hari dengan prosentase sebesar 11,22%. Kuat tekan optimum ini diambil pada umur 28 hari sesuai dengan umur rencana kuat tekan pada *mix design* yang dibuat. Kuat tekan rencana pada *mix design* dengan umur beton 28 hari adalah sebesar 25 MPa. Terlihat pada **Gambar 3.6** menunjukkan bahwa setelah penambahan zeolit alam sebagai pengganti sebagian semen sebesar 10% maka prosentase kenaikan kuat tekan beton yang dihasilkan akan semakin menurun.

Berdasarkan hipotesis penelitian, variasi penggunaan zeolit alam diduga akan berpengaruh terhadap nilai kuat tekan SCC, sehingga perlu diadakan uji hipotesis penelitian sesuai dengan data hasil pengujian kuat tekan SCC pada **Tabel 3.2**

Analisis varian satu arah dipilih menjadi metode pengujian hipotesis karena untuk mengetahui dan menguji hipotesis yang ada dan melihat perbandingan dari dua kelompok atau lebih yang ada.

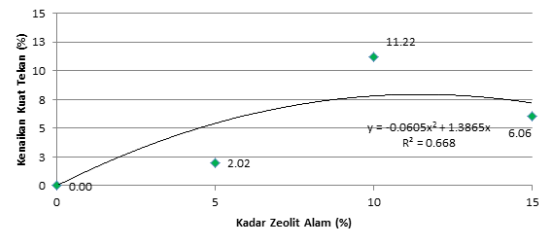
Pada analisis varian satu arah ini digunakan taraf signifikan ( $\alpha$ ) sebesar 5%, dimana tingkat signifikan 5% atau 0,05 artinya mengambil resiko salah dalam mengambil keputusan untuk menolak hipotesis yang benar sebanyak-banyaknya 5% dan benar dalam mengambil keputusan sedikitnya 95% (tingkat kepercayaan) dengan kata lain bahwa 95% dari keputusan untuk menolak hipotesis yang salah adalah benar.

**Tabel 3.2** Analisis varian satu arah

Sumber Varian (SV)	JK	db	KT	F <sub>Hitung</sub>	F <sub>Tabel</sub>
Antar (A)	29.48	3	9.83	0.27	3.24 (5%)
Dalam (D)	581.94	16	36.37		
Total (T)	611.42	19			

Pada hasil analisis varian satu arah ini yang didapat,  $F_{hitung} < F_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  tidak diterima. Maka jika  $H_0$  tidak diterima berarti menjelaskan bahwa penggunaan zeolit alam berpengaruh terhadap kuat tekan SCC.

Pada penelitian ini juga digunakan analisis regresi polynomial orde 2, dengan menggunakan *Microsoft Excel*.



**Gambar 3.7** Analisis regresi hubungan prosentase kenaikan kuat tekan rata-rata SCC dengan prosentase kadar zeolit alam pada umur 28 hari

Pada **Gambar 3.7** adalah analisis regresi polynomial orde 2 dengan menggunakan *Microsoft Excel* dari hubungan prosentase kenaikan kuat tekan rata-rata SCC dengan prosentase kadar zeolit alam pada umur 28 hari. Terlihat bahwa penggunaan zeolit alam pada SCC mempengaruhi kuat tekan beton. Pengaruh tersebut terlihat dari kenaikan kuat tekan SCC dari 2,02% hingga 11,22% pada umur 28 hari yang disebabkan karena dalam waktu proses pengerasan beton terjadi keterlambatan dehidrasi. Sehingga air yang ada di dalam campuran diikat zeolit alam dan tidak cepat menguap. Proses pengerasan SCC dengan zeolit alam menjadi lebih baik dari SCC normal karena rongga atau ruang kosong yang biasanya terdapat dalam beton yang disebabkan karena air yang ada di dalam campuran menguap, terisi oleh semen. Walaupun SCC zeolit alam memiliki waktu dehidrasi yang lebih lama dibandingkan SCC normal dan membutuhkan waktu pengerasan yang lebih lama, mutu beton SCC zeolit alam lebih baik dibandingkan SCC normal tanpa menggunakan zeolit alam. Jika ditinjau dari hasil regresi hubungan prosentase kenaikan kuat tekan rata-rata SCC dengan prosentase kadar zeolit alam menyatakan bahwa dapat terlihat hubungan persamaan



yang terbentuk antara penambahan variasi zeolit alam dengan kuat tekan beton. Nilai optimum yang didapat dari persamaan regresi  $y = -0,0605x^2 - 1,3865$  adalah sebesar 11,45%. Prosentase tersebut akan dapat memberikan nilai kuat tekan optimum dibandingkan variasi lainnya.

### 3.4 Analisis Biaya Pembuatan SCC

Pembuatan SCC memiliki beberapa perbedaan dari pada pembuatan beton normal pada umumnya. Salah satu diantaranya adalah beton harus memiliki tingkat *workability* yang baik dengan masuk dalam kriteria SCC yang terdiri dari *filling ability*, *passing ability*, dan *segregation resistance* yang sudah ditentukan. Berdasarkan beberapa karakteristik yang harus dicapai tersebut SCC menggunakan *admixture* tambahan, dengan berbagai macam material penyusun SCC, maka akan dibuat analisis biaya pembuatan SCC per m<sup>3</sup>. Berikut ini akan disajikan harga satuan material pada **Tabel 3.3** dan analisis biaya SCC normal tanpa menggunakan zeolit alam dengan SCC dengan menggunakan zeolit alam sebesar 5%, 10%, dan 15% dari berat semen pada **Tabel 3.4**

**Tabel 3.3** Harga satuan material

Bahan	Satuan	Harga Satuan		Kebutuhan Material (m <sup>3</sup> )			
		(Rp)					
Semen	1 kg	Rp	1,390	418.2	kg		
Air	1 ltr	Rp	30	205.0	ltr		
Agregat halus	1 m <sup>3</sup>	Rp	149,250	1021.2	kg	1.9	m <sup>3</sup>
Agregat kasar	1 m <sup>3</sup>	Rp	199,000	680.8	kg	1.3	m <sup>3</sup>
Zeolit Alam	1 kg	Rp	1,100	-	kg		
Additon Superflow	1 ltr	Rp	150,000	6.3	ltr		

**Tabel 3.4** Analisis biaya SCC tanpa menggunakan zeolit alam dan SCC yang menggunakan zeolit alam 5%, 10% dan 15%

Bahan	Biaya SCC Tanpa Zeolit Alam		Biaya SCC Zeolit Alam 5%		Biaya SCC Zeolit Alam 10%		Biaya SCC Zeolit Alam 15%	
	Kebutuhan Material	Harga (Rp)	Kebutuhan Material	Harga (Rp)	Kebutuhan Material	Harga (Rp)	Kebutuhan Material	Harga (Rp)
Semen	418.2	Rp 581,242	397.3	Rp 552,180	376.3	Rp 523,118	355.4	Rp 494,056
Air	205.0	Rp 6,150	205.0	Rp 6,150	205.0	Rp 6,150	205.0	Rp 6,150
Agregat halus	1.9	Rp 282,761	1.9	Rp 282,761	1.9	Rp 282,761	1.9	Rp 282,761
Agregat kasar	1.3	Rp 258,537	1.3	Rp 258,537	1.3	Rp 258,537	1.3	Rp 258,537
Zeolit Alam	-	-	20.9	Rp 22,990	41.8	Rp 45,998	62.7	Rp 68,996
Additon S.	6.3	Rp 940,860	6.3	Rp 940,860	6.3	Rp 940,860	6.3	Rp 940,860
		Rp 2,069,550		Rp 2,063,487		Rp 2,057,423		Rp 2,051,360

Pada **Tabel 3.4** dapat dilihat bahwa pembuatan SCC normal tanpa menggunakan zeolit alam memiliki total biaya sebesar Rp 2.069.550 untuk tiap m<sup>3</sup>, sedangkan biaya pembuatan SCC dengan menggunakan zeolit alam sebesar 5% sebesar Rp 2.063.487, sedangkan SCC dengan menggunakan zeolit alam sebesar 10% sebesar Rp 2.057.423 untuk setiap m<sup>3</sup> dan biaya pembuatan SCC dengan menggunakan zeolit alam sebesar 15% sebesar Rp 2.051.360. Sehingga terdapat selisih antara analisis biaya pembuatan SCC normal tanpa menggunakan zeolit alam dengan SCC yang menggunakan zeolit alam 5%, 10%, dan 15%. Selisih tersebut akan disajikan pada **Tabel 3.5**.

**Tabel 3.5** Selisih analisis biaya pembuatan SCC normal tanpa zeolit alam dengan SCC yang menggunakan zeolit alam 5%, 10%, dan 15%

Analisis Biaya	Jumlah	Selisih	Prosentase (%)
Biaya SCC Tanpa Zeolit	Rp 2,069,550	-	-
Biaya SCC Zeolit Alam 5%	Rp 2,063,487	Rp 6,063	0.29
Biaya SCC Zeolit Alam 10%	Rp 2,057,423	Rp 12,127	0.59
Biaya SCC Zeolit Alam 15%	Rp 2,051,360	Rp 18,190	0.88

Pada **Tabel 3.5** dapat diketahui bahwa *mix design* dengan menggunakan zeolit alam sebesar 5% memiliki biaya yang lebih rendah 0,29% atau sebesar Rp 6.063 dibandingkan *mix design* tanpa menggunakan zeolit alam. *Mix design* dengan menggunakan zeolit alam sebesar 10% memiliki biaya yang lebih rendah 0,59% atau sebesar Rp 12.127 dibandingkan *mix design* tanpa menggunakan zeolit alam. *Mix design* dengan menggunakan zeolit alam sebesar 15% memiliki biaya yang lebih rendah 0,88% atau sebesar Rp 18.190 dibandingkan *mix design* tanpa menggunakan zeolit alam. Berdasarkan **Tabel 3.5** dapat disimpulkan bahwa pembuatan SCC dengan menggunakan zeolit alam tidak memiliki perbedaan yang signifikan jika dilihat dari sisi ekonomis.

#### 4. Penutup

Semakin bertambahnya kadar zeolit alam yang diberikan sebagai pengganti sebagian semen, semakin bertambah pula waktu ikat awal (*initial setting time*) dan waktu ikat akhir (*final setting time*), karena zeolit alam bersifat adsorben. Selain itu zeolit alam juga meningkatkan karakteristik SCC dari sisi *filling ability* terlihat dari *slumpflow test* dan *v-funnel test* yang terus mengalami kenaikan hingga kadar zeolit alam yang diberikan sebesar 15% dengan penggunaan *addition slumpflow* sebesar 1,5% dari berat semen dan FAS yang digunakan sebesar 0,49.

Penggunaan zeolit alam juga meningkatkan kuat tekan beton rata-rata yang dihasilkan. Jika ditinjau dari hasil penambahan variasi zeolit alam dengan kuat tekan beton yang dihasilkan, nilai optimum yang didapat dari persamaan regresi  $y = -0,0605x^2 - 1,3865$  adalah sebesar 11,45%. Penggunaan zeolit alam sebagai pengganti sebagian semen dapat mengurangi biaya pembuatan SCC dibandingkan dengan biaya pembuatan SCC normal tanpa menggunakan zeolit alam. Namun pembuatan SCC dengan menggunakan zeolit alam tidak memiliki perbedaan yang signifikan jika dilihat dari sisi ekonomis.

Pengujian kuat tekan beton disarankan dilakukan juga pada umur lebih dari 28 hari diperuntukkan untuk mengetahui apakah masih terdapat penambahan nilai kuat tekan beton yang signifikan. Membuat benda uji yang lebih banyak agar data yang diperoleh memiliki pola yang lebih jelas karena pada penelitian ini untuk setiap mix design hanya dibuat 3 benda uji. Penggunaan jenis admixture sebaiknya lebih divariasikan, sehingga bisa dipakai admixture yang lebih murah dan lebih mudah dicari dipasaran namun tetap bisa menghasilkan beton dengan karakteristik SCC yang baik dan kuat tekan yang tinggi.

#### Daftar Pustaka

- American Society for Testing and Material. 1995. *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04-02 : *Concrete and Aggregates*. Philadelphia.
- Amri, Sjafei 2005. *Teknologi Beton A – Z*. Jakarta : Penerbit Yayasan John Hi-Tech Idetama.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal*. ( SK SNI T-15- 1990 - 03).
- Feng NQ, Li QZ dan Zang XW. *High-Strenght and Flowing Concrete with a Zeolitic Mineral Admixture*, Abstract, Cement, Concrete and Aggregates Vol. 12 No. 2. Winter, pp.61-69.1990.
- Muntu, Y. & Tedy G.. 2003. *Penelitian Mengenai Peningkatan Kekuatan Awal Beton Pada Self Compacting Concrete*. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra. (tidak dipublikasikan)
- Okamura, H. & Masahiro O.. 2003. *Journal of Advanced Concrete Technology*. Vol.1, No. 1, 5-15 : Self Compacting Concrete Tokyo : Japan Concrete Institute.
- Setiadi & A.Pertiwi. 2007. *Preparasi dan Karakteristik Zeolit Alam untuk Konversi Senyawa Abe Menjadi Hidrokarbon*. Jakarta : Jurusan Teknik Kimia, Universitas Indonesia.
- SNI 03-6827-2002. *Metode pengujian waktu ikat awal semen Portland dengan menggunakan alat vicat untuk pekerjaan sipil*. Bandung.